Energy, Mines and Resources Canada | Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET
Canada Centre for Mineral and Energy Technology | Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

RESSOURCES CANADIENNES EN SILICE: ÉTUDES DU TRAITEMENT D'ÉCHANTILLONS SÉLECTIONNÉS DE SILICE DU QUÉBEC, POUVANT SERVIR À LA FABRICATION DU VERRE OU DE SABLE DE FONDERIE

R.K. Collings and P.R.A. Andrews
Laboratoire de traitement des minéraux

Juillet 1984

This document is the property of (CANMET)

Project MRP-3.3.0.1.05
Ressources canadiennes en silice

43 pp

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES MINÉRAUX
LABORATOIRES DES SCIENCE MINÉRALES
RAPPORT DE LA DIVISION MRP/MSL 84-79F (IR)

MICROMEDIA
FEB 27 1985

RESSOURCES CANADIENNES EN SILICE: ÉTUDES DU TRAITEMENT D'ÉCHANTILLONS SÉLECTIONNÉS DE SILICE DU QUÉBEC, POUVANT SERVIR À LA FABRICATION DU VERRE OU DE SABLE DE FONDERIE

par

R.K. Collings* et P.R.A. Andrews**

RÉSUMÉ

En collaboration avec le Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, le Centre de recherches minérales de Sainte-Foy et divers producteurs de silice, on a identifié dans la région sud de la province certains gisements de silice, dont on a prélevé des échantillons à des fins d'évaluation; le CANMET doit déterminer leurs possibilités d'utilisation comme sable de fonderie, ou dans la fabrication du verre. Les échantillons comprenaient à la fois des grès et du quartz ou des quartzites. À l'analyse, les échantillons minéraux prélevés ont donné 94,66 à 99,54 % de SiO_2, 0,038 à 0,230% de Fe_2O_3 et 0,16 à 4,51 % de Al_2O_3.

Parmi les impuretés, citons la pyrite, les oxydes de fer et des taches ferrugineuses sur les grains de quartz; des carbonates sous forme de calcite, et des oxydes d'aluminium sous forme d'argile, de feldspath, ou des deux à la fois. Le processus d'enrichissement comprenait la comminution jusqu'à 600 µm au moyen de concasseurs à mâchoires, à rouleaux et à cônes, et le broyage dans un malaxeur pour sables de fonderie. On a éliminé les fines par lavage à l'eau et débaurbage par attrition et enlevé davantage d'impuretés par flottation inverse des oxydes de fer et des minéraux alumino-silicatés par flottation inverse des oxydes de fer et des minéraux alumino-silicatés dans les collecteurs anioniques et des collecteurs cationiques. La flottation a permis d'améliorer substantiellement la qualité de la plupart des échantillons; à l'analyse,

---

*Chef et **chercheur, Section des minéraux non métalliques, Laboratoire de traitement des minéraux, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie, Energie, Mines et Ressources, Ottawa.

les concentrés de quartz ont donné 99,08 à 99,80 % de SiO_2, 0,014 à 0,048 % de Fe_2O_3 et 0,06 à 0,49 % de Al_2O_3.

On a aussi étudié l'élimination des divers oxydes de fer à l'aide du séparateur magnétique de gradient élevé SALA. Pour les fractions non magnétiques, le dosage des divers oxydes de fer a donné les mêmes résultats que pour les concentrés quartzeux obtenus par flottation, soit 0,013 à 0,054 % de F_2O_3. D'après les échantillons analysés, la silice de cinq gisements sur six étudiés pourrait convenir à la fabrication du verre. Les essais applicables aux sables de fonderie ont montré que 3 échantillons sur les quatre soumis à des fins d'évaluation conviendraient à cet usage.

CANADIAN SILICA RESOURCES: A STUDY OF THE PROCESSING OF SELECTED QUEBEC SILICA SAMPLES FOR GLASS AND FOUNDRY SAND

by

R.K. Collings* and P.R.A. Andrews**

SUMMARY

In co-operation with the Ministère de l'Énergie et des Resources, Quebec, the Centre de Recherches Minérales, St. Foy, and various silica producers, selected deposits of Quebec silica were identified in the southern region of the province and sampled to provide material for evaluation as glass and foundry sand by CANMET. The samples included both sandstone and quartz/quartzite. Head sample analyses ranged from 94.66 to 99.54% SiO_2, 0.038 to 0.230% Fe_2O_3, and 0.16 to 4.51% Al_2O_3.

Impurities included pyrite, iron oxides, and iron staining on quartz grains; carbonates as calcite; and aluminium oxide as clay and/or feldspar. Benefication included size reduction to grain size, about 600 µm, by jaw, roll and cone crushers, and grinding in a muller-mixer. Removal of fines was achieved by attrition scrubbing and washing. Further removal of impurities was achieved by reverse flotation of iron oxide and alumino-silicate minerals employing both anionic and cationic collectors. Flotation resulted in a substantial improvement in the quality of most samples, the quartz concentrates analysing 99.08 to 99.80% SiO_2, 0.014 to 0.048% Fe_2O_3, and 0.06 to 0.49% Al_2O_3. Removal of iron oxide minerals was also investigated using the Sala HGMS. Iron oxide analyses of the non-magnetic fractions were similar to the iron oxide analyses of the quartz concentrates obtained by flotation, 0.013 to 0.054% Fe_2O_3. On the basis of the samples submitted, silica from 5 of the 6 deposits studied has potential as source material for glass sand. Foundry tests showed that 3 of the 4 samples submitted for evaluation have potential as foundry sand.

---

*Head, and **Research Scientist, Non-Metallic Minerals Section, Mineral Processing Laboratory, Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa.

INTRODUCTION

Le Canada continue à importer des quantités significatives de sable très pur, surtout des États-Unis, employé dans la fabrication du verre et comme sable de fonderie. En 1983, par exemple, les importations étaient de 0,98 Mt, d'une valeur de 16,9 millions de dollars.[1]

Il existe un certain nombre de sources potentielles de sable siliceux très pur au Canada. Lors du colloque fédéral-provincial sur les minéraux industriels, tenu en 1980 à Ottawa, ce détail a été mis en relief, ainsi que le besoin de faire des recherches plus poussées. A CANMET, des discussions ont fait suite à cette réunion; il a alors été décidé d'entreprendre une étude en laboratoire, pour évaluer les possibilités techniques d'extraction du sable siliceux pouvant servir à la fabrication du verre et comme sable de fonderie de quelques-uns des gisements les plus abondants, pour les marchés intérieurs et extérieurs. Dans les normes sur les sables employés dans la fabrication du verre, il est généralement stipulé que dans leur totalité, les grains de sable doivent avoir des dimensions comprises entre 600 et 100 µm, et que leur composition chimique doit répondre à la norme minimale suivante: 99,6 % de SiO_2, 0,03 % de Fe_2O_3, 0,15 % de Al_2O_3, plus de faibles concentrations de chaux et de magnésie. Pour les sables de fonderie destinés à la sidérurgie, les particules doivent avoir des dimensions comprises entre 850 et 75 µm, et une granulométrie aussi uniforme que possible. Les chiffres donnés par l'AFS (American Foundryman's Society) varient entre 55 et 65; la majeure partie du sable doit se retrouver sur trois tamis adjacents. On préfère que les grains de sable aient une forme arrondie. Le sable doit avoir une teneur élevée en quartz, soit 99 % de SiO_2, et de faibles concentrations d'oxydes d'aluminium, de fer, de sodium et de potassium (ces trois derniers servant de fondants).

Cette étude de trois ans doit être réalisée en collaboration avec les gouvernements provinciaux; la première année, elle doit surtout intéresser l'Ontario, la seconde le Québec, la troisième, des ressources sélectionnées de plusieurs autres provinces. Le rapport concernant l'Ontario[3] a été publié en 1983. Dans le présent rapport, on expose dans leurs grandes lignes les recherches entreprises en 1983 et 1984 sur les ressources du Québec en silice. Le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec et

le Centre de recherches minérales de Sainte-Foy ont pleinement collaboré à ces travaux. M. Conrad Paré dans le premier organisme et M. G.H. Cloutier dans le second, nous ont apporté une aide précieuse.

SOURCE ET DESCRIPTION DES ÉCHANTILLONS

En mai 1983, a été organisée une réunion entre R.K. Collings et P.R.A. Andrews, tous deux membres de la Section des minéraux non métalliques de CANMET (Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie), et d'autre part G.H. Cloutier et le personnel intéressé, au Centre de recherches minérales à Sainte-Foy au Québec; ceux-ci ont discuté de l'étude sur les ressources du Québec en silice que proposait CANMET. M. Cloutier a proposé de contacter les producteurs et propriétaires de certains gisements de silice, et de leur demander d'offrir a CANMET des échantillons à des fins d'étude et d'évaluation. Par ailleurs, on obtiendrait aussi de l'information de base sur les gisements, y compris une description des échantillons et du lieu de leur prélèvement. Les tableaux 1 et 2 résument l'information sur les 9 échantillons sélectionnés, provenant de 6 gisements. Pour faciliter la consultation des données à leur sujet, on a remplacé les numéros d'identification auparavant utilisés par les lettres A à I, comme dans le tableau 1; dans tout ce rapport, on peut identifier et retrouver les échantillons grâce à ce système de classification. On a indiqué sur la carte, à la figure 1, l'emplacement des terrains où ont été obtenus ces échantillons.

PRÉPARATION ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Lors du traitement des grès et sables destinés à la fabrication du verre et aux usages de fonderie, il est important de réduire le grès parental en ses particules naturelles, de façon à libérer les impuretés pour les éliminer ensuite, et d'effectuer ce travail sans excessivement fracturer les particules, qui autrement donneraient des fines non désirables. On préfère utiliser des particules entières et non fracturées dans les opérations de moulage, et les fines sont gênantes à la fois dans les sables de fonderie et ceux destinés à la fabrication du verre.

Dans l'étude antérieure du grès[3] de Potsdam en Ontario, on a constaté qu'un procédé de broyage fin avec fragmentation préliminaire par des concasseurs à mâchoires, broyeurs à cônes et broyeurs à rouleaux, puis réduction finale par voie humide dans un malaxeur Simpson jusqu'au calibre désiré, donnait des résultats satisfaisants. L'examen des produits du broyage a montré que l'on avait obtenu un bon degré de réduction jusqu'au calibre voulu, et des quantités minimes d'agglomérats et de grains fracturés. Étant donné que les échantillons de grès du Québec avaient une texture similaire, on a adopté dans leur cas le même procédé de fragmentation. Toutefois, quelques-uns des échantillons étaient composés de quartz ou de quartzite, et n'étaient pas réellement constitués de grains de sable. Donc, pendant le broyage de ces derniers, on a évité autant que possible de les broyer excessivement.

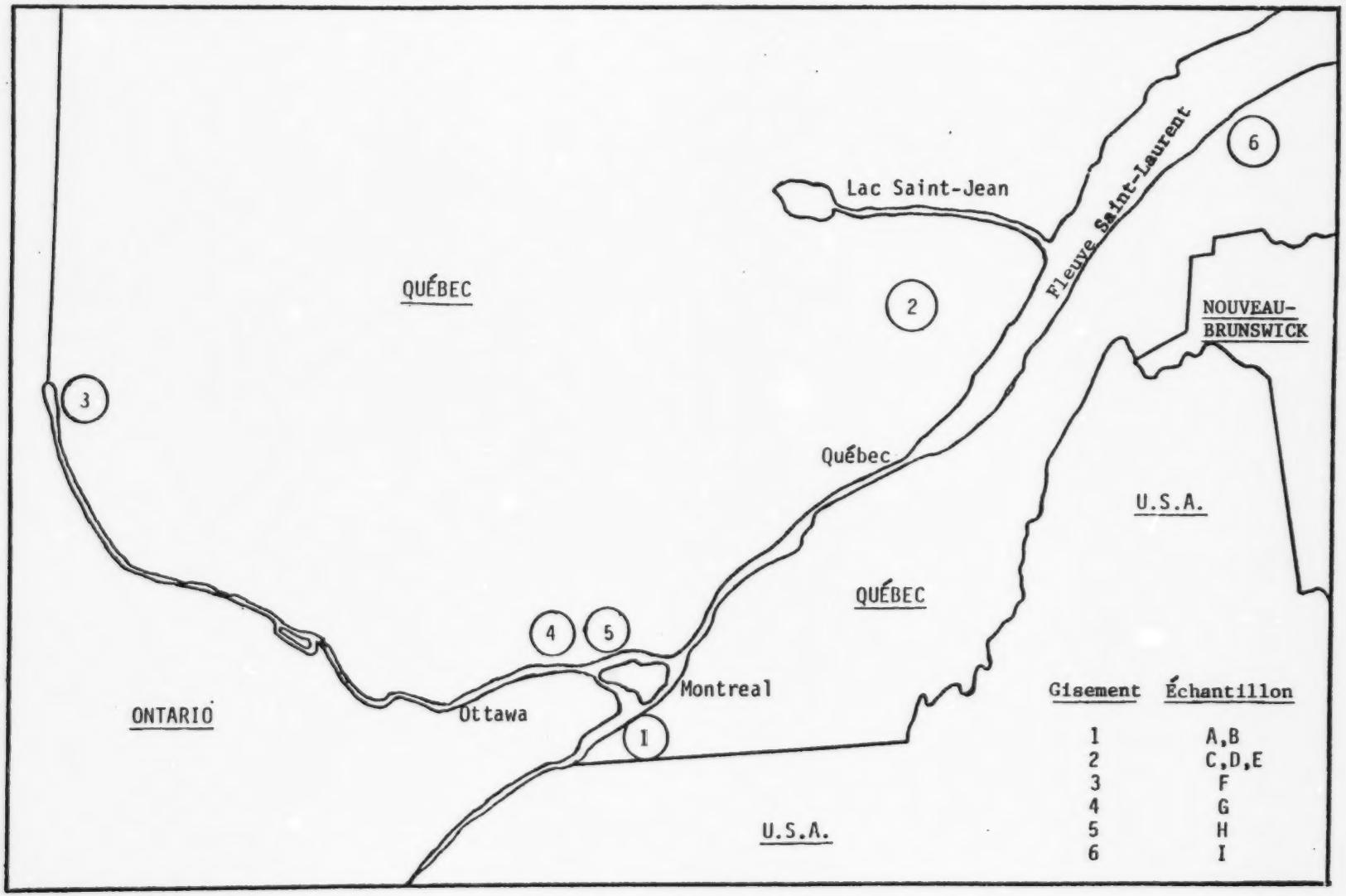

Fig. 1 - Emplacement des gisements de silice

On a donc utilisé le procédé suivant de broyage fin des échantillons de grès et des échantillons de quartz ou quartzite.

1. Broyage progressif jusqu'à 5 mm par broyeur à mâchoires, et élimination des particules de dimensions inférieures à 5 mm, par tamisage, à chaque étape de traitement.

2. Élimination des particules de dimensions inférieures à 600 µm du produit obtenu avec le concasseur à mâchoires, par tamisage au moyen d'un tamis Sweco.

3. Broyage progressif des particules de -5 mm à +600 µm obtenues avec le concasseur à mâchoires, jusqu'à 1,5 mm par broyeur à cônes, en enlevant les particules inférieures à 1,5 mm à chaque étape de traitement.

4. Élimination des particules inférieures à 600 µm du produit obtenu avec le broyeur à cônes, par tamisage au moyen d'un tamis Sweco.

5. Broyage des particules de -1,5 mm à + 600 µm obtenues avec le broyeur à cônes jusqu'à -600 µm avec le broyeur à cylindres, et séparation d'un échantillon du produit obtenu.

6. Combinaison de tous les produits, et tamisage de ceux-ci avec un filtre Sweco de maille 125 µm.

7. Broyage par voie humide (98 % de solides) du produit de +125 µm retenu sur le filtre Sweco, jusqu'à obtention d'un produit du calibre d'un sable, dans le malaxeur Simpson.

CONCASSAGE ET BROYAGE

On a broyé approximativement 20 kg de chaque échantillon en employant ce procédé; on a effectué le calibrage à sec des particules avec le tamis de 125 µm, de façon à éliminer les fines non désirables, puis le broyage humide dans le malaxeur Simpson pendant 30 minutes. Ce travail d'épuration et de broyage a permis de séparer la plupart des grains composés en leurs constituants, sans produire des quantités excessives de fines.

DÉBOURBAGE PAR ATTRITION

Les études antérieurement effectuées par CANMET sur le traitement de sables dérivés des grès ont démontré que le procédé de débourbage par attrition était une étape idéale de traitement secondaire. Ce débourbage intensif par attrition aide à désagréger les grains composés liés par l'argile, et à enlever les enduits de surface et les produits d'altération superficielle des particules individuelles de quartz.

Le produit humide issu du malaxeur a subi un débourbage dans un appareil Wemco de débourbage par attrition, capable de traiter une charge de 10 kg contenant 80 % de solides pendant 20 min. On a ensuite lavé le produit ainsi traité, puis on a laissé se déposer le sable. On a ensuite effectué la décantation des boues jusqu'à 100 µm, et répété le procédé dans sa totalité. Il a fallu trois cycles de lavage-sédimentation-décantation pour libérer les boues et les éliminer.

Après enlèvement des boues, on a séché chaque échantillon, puis on l'a subdivisé en lots de 1 kg, pour faire des expériences ultérieures de flottation. On en a mis une partie de côté pour un examen au microscope binoculaire et une analyse de tamisage. On a noté dans le tableau 3 les analyses de tamisage des produits lavés après le débourbage, et dans le tableau 4 les résultats de l'examen au microscope binoculaire de ces produits.

FLOTTATION

Le retrait de petites quantités d'impuretés libérées par flottation est une méthode efficace d'enrichissement du produit. La silice en étant le principal constituant, il est logique de soumettre les impuretés à la flottation inverse, qui laisse un concentré de quartz pur.

Le procédé adopté pour enlever les impuretés était fondé sur la réponse bien connue des minéraux à la flottation. En général, dans ce procédé, on soumet les oxydes de fer à une première flottation avec un collecteur à base de sulfonate d'hydrocarbures, puis l'on effectue une flottation cationique avec des amines pour provoquer le flottage des minéraux aluminosilicatés. Dans l'étude précédente, on avait employé avec succès le collecteur Duomeen TDO[4] (1,3-diaminopropane-dioléate de n-suif) pour amener le flottage des aluminosilicates.

On a par conséquent adopté le procédé général suivant:

Étape 1. Flottation des oxydes de fer au moyen d'Aerofloat 840[5] (sulfonate naturel d'hydrocarbures), en présence d'un pH de 3,5 à 4,0, la pulpe (les boues) étant amenée à une haute densité (≈50 % de solides).

Étape 2. Flottation des aluminosilicates au moyen de Duomeen TDO, en présence d'un pH de 2 à 2,2, la pulpe étant amenée à une haute densité (≈50 % de solides).

À chaque étape, on a amené la pulpe à une densité élevée, en la traitant pendant 5 minutes avec du Dowfroth 250, ajouté au fur et à mesure selon le besoin. Immédiatement après ce conditionnement, on a amené à chaque étape la densité de la pulpe à 30 % de solides et effectué une flottation complète, généralement pendant 5 minutes. À la fin de l'étape 1, on a filtré et lavé deux fois le concentré de quartz, pour éliminer tout résidu de sulfonate d'hydrocarbures avant l'opération de repulpage (reconstitution des boues) à l'étape numéro 2. Au cours de certains essais, on a omis l'étape 1, parce que le collecteur à base de sulfonate d'hydrocarbures causait le flottage d'une quantité excessive de quartz; voyez le tableau 6.

À la fin de l'étape 2, on a filtré, séché et sélectionné tous les produits préparés aux fins de l'analyse chimique.

Au tableau 5, sont présentées l'analyse chimique complète des produits précédant la flottation et des concentrés obtenus par flottation, et les distributions (en pourcentage) de SiO_2, Al_2O_3 et Fe_2O_3; les quantités consommées de réactif de flottation sont indiquées au tableau 6; le bilan des produits obtenus lors des expériences les plus concluantes figure au tableau 7.

SÉPARATION MAGNÉTIQUE

On a soumis à la séparation magnétique, en employant l'appareil Sala de séparation magnétique à gradient d'intensité élevé (HGMS), un lot de 100 g de produit destiné à la flottation, et provenant de chacun des neuf échantillons. On a établi la norme actuelle en fonction d'un taux maximal

de séparation des oxydes de fer, et dosé Fe_2O_3 dans les produits venant de chaque essai. Les résultats, présentés au tableau 8, montrent la distribution relative des oxydes de fer dans les fractions magnétiques et non magnétiques. La distribution réelle des produits non magnétiques, présentée au tableau 5, permet de comparer le rendement de ce procédé à celui de la flottation.

ANALYSE CHIMIQUE

Les procédés de tamisage, de débourbage, de flottation et de séparation magnétique permettent d'obtenir un grand nombre de produits. Dans certains de ceux-ci, il a fallu analyser tous les minéraux identifiables; dans d'autres, il a seulement été nécessaire d'analyser un ou deux minéraux; dans les autres, l'analyse n'était pas indispensable.

D'après l'expérience déjà acquise, on sait que les produits sableux provenant des opérations de tamisage et de débourbage doivent seulement être analysés, mais que les fines ou les boues doivent seulement être pesées.

Le procédé de flottation consiste à éliminer de petites quantités d'oxydes de fer et de minéraux aluminosilicatés, et ne laisse qu'un concentré de quartz pur; seul le concentré de quartz doit être analysé. Toutefois, on a dosé Fe_2O_3 et Al_2O_3 dans les concentrés d'oxydes de fer et de produits aluminosilicatés provenant des essais les plus concluants conduits sur chacun des neuf échantillons, pour obtenir des renseignements complémentaires.

Dans le sable tamisé et dans les produits sableux obtenus avec le débourbage par attrition, dans le produit soumis à la flottation et les concentrés de quartz obtenus par flottation, on a analysé.

SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO, MgO, et les pertes au feu

Dans les concentrés d'oxydes de fer et les concentrés aluminosilicatés provenant des expériences les plus concluantes, on a dosé Fe_2O_3 et Al_2O_3; dans les produits obtenus par séparation magnétique, on a dosé Fe_2O_3.

Les méthodes analytiques employées étaient la méthode d'analyse chimique par voie humide pour le dosage de SiO_2 et des impuretés organiques; l'analyse spectrographique pour le dosage de Fe_2O_3, Al_2O_3, CaO

et MgO. Toutefois, la limite inférieure de détection d'Al_2O_3 n'est que 0,06 %, de sorte que l'on a représenté les dosages inférieurs à cette valeur par 0,06 %.

ÉVALUATION DES SABLES DE FONDERIE

On a limité les travaux de recherche à la préparation de mélanges "standard" sable/argile/eau; pour cela, on a employé les échantillons B, F, H et I, et déterminé certaines propriétés de moulage de ces mélanges. En outre, lorsque les quantités disponibles le permettaient, on a préparé avec chaque échantillon un moule d'une pièce, dans lequel on a ensuite versé de l'acier doux à la température de 1620 °C.

On a préparé les mélanges dans un petit mélangeur de laboratoire de 457 mm de diamètre. On a déterminé les quantités d'additifs, citées au tableau 9, d'après les quantités de sable. On a déterminé le degré d'humidité du mélange; ainsi, les chiffres donnés représentent le pourcentage pondéral réel par rapport au total. Les propriétés de moulage du mélange sable/argile/eau, c'est-à-dire les propriétés des mélanges de sable "verts", sont comparées aux résultats "typiques" obtenus lors d'expériences faites auparavant sur des sables siliceux d'Ottawa. Il convient de noter que les valeurs citées représentent la moyenne arithmétique de trois essais consécutifs.

On n'a pas cherché à évaluer les qualités des échantillons C, D et E en tant que sables de fonderie, étant donné que la forme anguleuse des particules rend ces sables impropres aux travaux de moulage.

RÉSULTATS ET ÉVALUATION

CONCASSAGE, BROYAGE ET DÉBOURBAGE

L'examen des grains formés à chaque étape de broyage, et celui des fractions granulométriques produites par l'appareil Wemco de débourbage par attrition, a indiqué que les diverses étapes de réduction de la taille avaient donné aux échantillons de grès de Potsdam, A, B, G, H et I la granulométrie voulue sans fracturation excessive des particules, et sans production de fines résiduelles indésirables. Les taux de récupération des produits, notés (en poids) au tableau 5, montrent que les taux de

récupération des sables de taille -600 µm à +100 µm, après passage du produit initial dans l'appareil Wemco, représentaient en moyenne 88,28 % en poids, et se situaient entre 84,90 % pour l'échantillon I à 91,49 % pour l'échantillon G. La plupart des échantillons avaient une granulométrie assez uniforme, en majorité comprise entre -600 µm et +150 µm; l'échantillon I, qui était un grès plus fortement siliceux, avait été plus finement divisé que les autres, peut-être en raison d'un broyage excessif. Généralement, les produits étaient caractérisés par de faibles pourcentages de grains composés et de grains fracturés; toutefois, le degré d'angulosité montrait une augmentation substantielle dans les fractions plus fines, inférieures à 100 µm.

L'échantillon F, essentiellement constitué d'agglomérats de quartz liés par de l'argile, et accompagnés d'un pourcentage substantiel de sable "libre", a été excessivement broyé. Comme on l'a signalé dans la section sur l'évaluation des produits étudiés en tant que sables de fonderie, il aurait été préférable d'enlever et de rejeter les agglomérats quartzeux grossiers, et de ne soumettre que le sable restant, soit environ 50 % de l'échantillon, au traitement et à l'évaluation susmentionnée.

Les échantillons C, D et E, étant essentiellement composés de quartzite, ont généralement donné, comme prévu, des grains fortement anguleux lors du broyage, et perdu des quantités excessives de fines, soit 27,1, 21,1 et 21,8 % en poids respectivement, dans le produit du débourbage par attrition.

Le débourbage par attrition et le lavage ont permis d'enlever la majeure partie des fines adhérant aux grains de quartz, avant la flottation. Tous les produits qui avaient subi l'épuration par attrition étaient d'une belle couleur blanche.

FLOTTATION

En général, les oxydes de fer et les aluminosilicates ont correctement réagi à la flottation. Pour des raisons pratiques, et pour faciliter l'observation, on a résumé de la façon suivante les analyses des concentrés de quartz provenant de chaque type d'échantillon ayant donné les meilleurs résultats expérimentaux.

Identification de l'échantillon	N° de l'expérience	Analyse %						Distribution %
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	SiO_2
A	4	99,61	0,048	0,06	0,05	0,028	0,18	85,08
B	28	99,60	0,036	0,06	0,01	0,01	0,33	72,03
C	8	99,20	0,014	0,13	0,01	0,01	0,17	70,49
D	19	99,40	0,029	0,09	0,01	0,01	0,04	73,71
E	22	99,55	0,016	0,07	0,01	0,01	0,04	73,21
F	25	99,08	0,047	0,49	0,01	0,01	0,17	73,00
G	13	99,32	0,029	0,06	0,01	0,016	0,15	86,18
H	31	99,77	0,028	0,09	0,01	0,01	0,19	89,30
I	33	99,80	0,022	0,06	0,01	0,01	0,10	79,38

La concentration d'oxyde de fer se situe entre 0,014 et 0,048 % de Fe_2O_3, conformément à la norme sur le contenu en Fe_2O_3 (0,03 %) des sables employés dans la fabrication du verre. On peut abaisser les valeurs supérieures de la concentration par le traitement de lixiviation à l'acide. Quant à la teneur en Al_2O_3, la gamme obtenue a été, à l'exception de l'échantillon F, 0,06 à 0,13 % de Al_2O_3, ce qui se situe au-dessous de la norme de 0,15 % sur le contenu en Al_2O_3 des sables employés dans la fabrication du verre.

On a choisi chacun des meilleurs résultats expérimentaux principalement en fonction de l'analyse et non des taux de récupération, même si les taux de récupération de SiO_2 sont tout à fait acceptables, comme l'indique le résumé.

La plupart des échantillons ont donné les résultats escomptés avec la flottation des oxydes de fer et des minéraux aluminosilicatés, c'est-à-dire qu'une petite quantité des minéraux a subi la flottation. Toutefois, les échantillons D, E et H ont réagi de façon non sélective au flottage des oxydes de fer, puisque des quantités excessives de quartz contenues dans ces échantillons avaient subi la flottation en présence du collecteur au sulfonate d'hydrocarbures. La raison de ce comportement n'a pas été étudiée. Le flottage des minéraux aluminosilicatés ayant eu lieu, le comportement des trois échantillons a été tel que prévu.

La consommation de réactif ayant amené la flottation des oxydes de fer et des minéraux aluminosilicatés s'est située entre 80 et 180 g/t. On a effectué la majorité des essais en utilisant simultanément 130 g/t d'Aérofloat 840 et de Duomeen TDO, comme l'indique le tableau 10.

SÉPARATION MAGNÉTIQUE

L'efficacité du processus de séparation magnétique, qui sert à séparer les oxydes de fer des autres minéraux, a été comparable à celle du procédé de flottation des oxydes de fer, comme l'indique la comparaison suivante entre les deux méthodes :

Numéro d'identification de l'échantillon	Flottation (Qtz. conc.). Essai No	Flottation (Qtz. conc.). Analyse % Fe_2O_3	Séparation magnétique (produit non magnétique) Essai No	Séparation magnétique (produit non magnétique) Analyse % Fe_2O_3
A	4	0.048	35	0,048
B	28	0,036	36	0,054
C	8	0,014	37	0,013
D	19	0,029	38	0,014
E	22	0,016	39	0,013
F	25	0,047	40	0,027
G	13	0,029	41	0,047
H	31	0,028	42	0,024
I	33	0,022	43	0,014

En ce qui concerne les échantillons A, C, E et H, le dosage des concentrés quartzeux . donné pratiquement les mêmes résultats que le dosage du produit non magnétique; dans le cas des échantillons B et G, le dosage du produit non magnétique a donné des résultats plus élevés que celui des concentrés quartzeux, et dans le cas des échantillons D, F et I, le dosage du produit non magnétique a donné des résultats inférieurs à celui du dosage des concentrés quartzeux.

ÉVALUATION DES SABLES DE FONDERIE

Les résultats donnés au tableau 9 montrent qu'à l'exception de l'indice de la capacité de moulage, les propriétés des sables étudiés se rapprochent de la gamme que donne le mélange des sables siliceux d'Ottawa suivant la même formule et le même procédé. Dans les cas susmentionnés, on aurait pu ajuster l'indice de capacité de moulage jusqu'à une valeur "désirée" de 75, en augmentant la teneur en eau; toutefois, dans cette série limitée d'expériences, on s'en est tenu à la formule approximative d'un rapport argile/eau égal à 2/1 (en poids).

Les moulages effectués avec trois des échantillons, soit B, H et I, ont présenté une qualité et un grain de surface acceptables; à leur surface, n'adhéraient pas de particules de sable de moulage après la cuisson, et la finesse de leur grain correspondait à celle des échantillons fournis. L'échantillon F n'a pas donné de résultats satisfaisants; le sable a manifesté à la cuisson un effet d'adhérence prononcé. On a dû enlever par un long sablage le sable qui adhérait au moulage, avant d'atteindre la surface métallique.

Il convient de noter que les échantillons de sable B, H et I étaient dérivés des grès de Potsdam, et que le sable ainsi produit comportait des particules arrondies à subarrondies. Au contraire, l'échantillon F était essentiellement un sable plutôt grossier, qui après broyage, a donné un pourcentage élevé de grains fortement anguleux. On aurait obtenu sans aucun doute un sable plus acceptable à partir de l'échantillon F, si l'on avait rejeté tous les grains de dimensions supérieures à 600 µm, au lieu de les broyer et de les mêler aux particules plus fines. Bien que l'on n'ait pas inclus dans les séries d'essais de fonderie les échantillons A et G, on a observé que ceux-ci étaient semblables aux échantillons B et H respectivement, puisqu'il s'agissait de grès de Potsdam à grains arrondis à subarrondis. Il est probable que ces deux échantillons auraient donné des résultats tout aussi bons que les échantillons B et H lors des essais de fonderie. Ainsi, on aurait pu employer comme sables de fonderie 5 des 9 échantillons étudiés.

CONCLUSION

D'après l'examen des échantillons, la silice provenant de 5 des 6 gisements inclus dans la présente étude (1,2,4,5 et 6, tableau 1) pouvait servir de matière première pour la fabrication du verre; la silice du gisement No 3 contenait toujours des quantités excessives d'alumine, même après un traitement intensif. Trois des quatre échantillons dont on a évalué les qualités en tant que sables de fonderie (échantillon B, gisement 1; échantillon H, gisement 5; échantillon I, gisement 6) pouvaient être favorablement comparés au sable de qualité standard d'Ottawa. L'échantillon F provenant du gisement 3 a subi un broyage excessif. Il est

probable que les résultats et l'évaluation de la qualité des sables pour les usages de fonderie auraient été bien meilleurs, si l'on n'avait conduit les expériences que sur la fraction inférieure à 600 µm de l'échantillon soumis au traitement de débourbage. On peut aussi s'attendre à ce que les échantillons A et G, généralement semblables aux échantillons B et H respectivement, présentent des qualités comparables à celles du sable d'Ottawa, du point de vue des essais de moulage et de coulage.

On recommande de poursuivre la recherche sur des échantillons plus gros et plus représentatifs, de façon à déterminer plus en détail le potentiel de ces gisements de silice, en tant que sources de sable de fonderie et de sable employé dans la fabrication du verre.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient de leur collaboration G.H. Cloutier du Centre de recherches minérales de Sainte-Foy; Conrad Paré et Henri-Louis Jacob du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, et divers producteurs de silice de la province de Québec, qui ont participé à ces recherches et ont fourni des échantillons pour les expériences en laboratoire; et les membres de CANMET ci-nommés : G.A. Brown, qui a participé au traitement et à l'étude des échantillons; M. Raicevic, qui a participé aux essais de séparation magnétique avec l'appareil Sala; J. Soles, qui a aidé à réaliser les études minéralogiques; et E.I. Szabo et R. Gauthier, qui ont fait les études d'évaluation des sables pour les usages de fonderie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Division des systèmes d'information, Secteur de la politique minérale, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa, Canada.

2. Séminaire fédéral et provincial sur les minéraux industriels, Ottawa, 26-28 novembre 1980.

3. Collings, R.K. et Andrews, P.R.A. "Canadian silica resources : a study of the processing of Ontario Potsdam sandstone for glass and foundry sand" (Ressources canadiennes en silice : étude du traitement des grès de Potsdam de l'Ontario, pour préparation de sables destinés à la fabrication du verre et aux usages de fonderie); Rapport de la division MRP/MSL 83-43 (IR); CANMET, Énergie, Mines et Ressources Canada; avril 1983.

4. Anon. "Armak chemicals for industry" (Produits chimiques Armak pour l'industrie); Armak Industrial Chemicals Division, Chicago, Illinois; p. 16, 1980.

5. Anon. "Aero 800 promoters" (Promoteurs Aero 800); American Cyanamid Company, Industrial Chemical Division, Wayne, N.J.; 1979.

TABLEAU 1 - Identification des échantillons et de leur emplacement

Identification	Échantillon	Emplacement
83/7-1	A	Sainte-Clotilde, Comté de Chateauguay (gisement N^{O} 1)
83/7-2	B	Sainte-Clotilde, Comté de Chateauguay (gisement N^{O} 1)
83/9	C	Petit Lac Malbaie, Comté de Charlevoix (gisement N^{O} 2)
83/11-1	D	Petit Lac Malbaie, Comté de Charlevoix (gisement N^{O} 2)
83/11-2	E	Petit Lac Malbaie, Comté de Charlevoix (gisement N^{O} 2)
83/12	F	Saint-Bruno de Guigues, Comté de Témiscamingue (gisement Nº 3)
83/14-1	G	Saint-Canut, Comté de Deux-Montagnes (gisement N^{O} 4)
83/14-2	H	Saint-Canut, Comté de Deux-Montagnes (gisement N^{O} 5)
83/15	I	Val-Brillant, Rivière Matane (gisement N^{O} 6)

TABLEAU 2 - Description des échantillons

Échantillon	Description physique	Type de sable
A	Sections de carottes de sondage broyées, 1,2,5 et 11; intervalle de 0 à ≈12,2 m choisi dans chaque sondage, pour examen ultérieur; on a combiné les résultats des quatre sondages aux fins de l'étude; grès siliceux blanc à gris, contenant de minces couches d'argile litée et de petites quantités d'oxydes de fer et de carbonates; peut-être aussi un peu de pyrite et de feldspath (alumine).	Grès de Potsdam
B	Fines résiduelles, pas aussi pures que dans l'échantillon A, mais de composition similaire.	Grès de Potsdam
C	Quartz gris à blanc, de dimensions inférieures à 25 mm, broyé, très friable, mais à grains anguleux; petites quantités de mica et peut-être de feldspath accompagnés de particules brunes sporadiques non identifiées; ne convient pas aux usages de fonderie.	Quartz/quartzite
D	Quartz gris à brun clair, broyé, friable, de dimensions inférieures à 25 mm, mais à grains anguleux; impuretés constituées de mica et d'enduits fins de type argileux couvrant certains grains; ne convient pas aux usages de fonderie. On a noté une contamination possible par le fer.	Quartz/quartzite
E	Quartz gris à blanc, de dimensions inférieures à 20 mm, broyé, friable, mais à grains anguleux; de composition semblable à l'échantillon D; ne convient pas aux usages de fonderie; rebuts de l'échantillonnage des carottes de sondage au diamant et de l'échantillonnage par tranchée.	Quartz/quartzite
F	Matériau de dimensions -25 mm à celles de grains de sable, faiblement cimenté par du kaolin; grains minéraux jaunes identifiés comme étant de la muscovite.	Agglomérats quartzeux cimentés par de l'argile

G	Grès siliceux blanc à gris, de dimensions les impuretés, on trouve du kaolin, un peu de pyrite et des oxydes de fer	Grès de Potsdam
H	Grès siliceux blanc à gris, de dimensions inférieures à 50 mm, en agrégats; impuretés généralement semblables à celle de l'échantillon G	Grès de Potsdam
I	Grès siliceux à grains fins, de dimensions inférieures à 150 mm, en agrégats; parmi les impuretés, on trouve du kaolin, du quartz de couleur sombre, peut-être un peu de pyrite, et quelques macules d'oxydes de fer	Grès de Potsdam

TABLEAU 3 - Analyses de tamisage des produits soumis au débourbage par attrition et au lavage

Dimensions (µm)	Fractions granulométriques, % (pondéral)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
-630 + 400	1,9	2,7	4,0	3,2	2,0	11,9	6,8	2,8	3,7
-400 + 315	13,4	15,7	15,8	12,4	10,1	21,9	21,5	12,1	14,2
-315 + 200	48,1	47,2	33,8	28,7	29,0	33,8	44,1	38,2	30,6
-200 + 160	15,7	14,4	13,0	13,2	14,1	10,8	11,7	18,1	13,4
-160 + 100	16,2	14,3	22,2	24,6	25,0	14,2	12,9	20,6	21,9
-100 + 71	3,6	4,1	8,7	12,0	12,6	5,1	2,5	5,8	9,7
- 71 + 50	0,9	1,2	2,2	5,0	5,7	1,7	0,5	1,9	4,8
- 50	0,2	0,4	0,3	0,9	1,5	0,6	0,0	0,5	1,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Dimensions (µm)	Granulométrie cumulative, % (pondéral)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
-630 + 400	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
-400 + 315	98,1	97,3	96,0	96,8	98,0	88,1	93,2	97,2	96,3
-315 + 200	84,7	81,6	80,2	84,4	87,9	66,2	71,7	85,1	82,1
-200 + 160	36,6	34,4	46,4	55,7	58,9	32,4	27,6	46,9	51,5
-160 + 100	20,9	20,0	33,4	42,5	44,8	21,6	15,9	28,8	38,1
-100 + 71	4,7	5,7	11,2	17,9	19,8	7,4	3,0	8,2	16,2
- 71 + 50	1,1	1,6	2,5	5,9	7,2	2,3	0,5	2,4	6,5
- 50	0,2	0,4	0,3	0,9	1,5	0,6	-	0,5	1,7

TABLEAU 4 - Examen des produits soumis au débourbage par attrition et au lavage.

Échantillon	Fraction granulométrique et description		
	+300 µm	- 300, + 150 µm	- 150 µm
A	grains de quartz blancs, arrondis à subarrondis; faible pourcentage de grains composés; peu de fer/macules de fer; pyrite	semblable à la fraction + 300 µm, quelques grains fracturés	semblable à la fraction - 300, + 150 µm, mais contenant un pourcentage de plus en plus élevé de particules fracturées, anguleuses; de plus en plus d'impuretés minérales de couleur sombre, y compris de la pyrite, dans les fractions granulométriques fines.
B	semblable à A	semblable à A	semblable à A
C	particules transparentes de quartz (quartzite), très anguleuses	semblable à la fraction + 300 µm, quelques poussières de minerai de fer	concentration d'impuretés de couleur sombre dans les fines; minéraux bruns, aciculaires; particules métalliques, probablement poussières de minerai de fer.
D	particules de quartz transparentes (quartzite), très anguleuses, quelques impuretés, y compris du mica et des poussières de minerai de fer	semblable à la fraction + 300 µm, les impuretés comprennent un minéral noir, brillant, non identifié	légère tendance des produits métalliques sombres et des autres impuretés à se concentrer dans les fines.
E	semblable à D, mais contenant un pourcentage plus important d'impuretés, en particulier du mica, des particules métalliques, et des poussières de minerai de fer	semblable à la fraction + 300 µm	semblable, légère concentration des impuretés dans les fines.
F	grains de quartz subarrondis à anguleux, quelques grains composés, 2 à 3 % de muscovite verte à brune, faible pourcentage d'autres minéraux.	semblable à la fraction + 300 µm, pourcentage plus important de grains anguleux	semblable, pourcentage plus important de grains anguleux, faible augmentation du pourcentage de muscovite.

TABLEAU 4 - Examen des produits soumis au débourbage par attrition et au lavage. (suite)

Échantillon	Fraction granulométrique et description		
	+300 µm	- 300, + 150 µm	- 150 µm
G	grains de quartz arrondis à subarrondis, faible pourcentage de grains composés, quelques impuretés, un peu de pyrite et des macules d'oxydes de fer	semblable à la fraction + 300 µm, un peu de pyrite et des impuretés ferreuses	semblable à la fraction - 300, + 150 µm, grains plus fortement anguleux, tendance de la pyrite à se concentrer dans les fines.
H	semblable à G, mais contenant moins de pyrite	semblable à G, mais contenant moins de pyrite	semblable à G, mais contenant moins de pyrite
I	grains de quartz mats, arrondis à subarrondis, quelques impuretés	semblable à la fraction + 300 µm, mais contenant un pourcentage plus élevé de grains fracturés	semblable à la fraction - 300 + 150 µm; les grains deviennent plus anguleux dans les fractions fines, quelques impuretés.

TABLEAU 5 - Échantillon A : Analyses chimiques, et répartition des produits SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral	Analyse (%)							Distribution		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	98,08	0,11	0,30	0,47	0,14	0,61	99,87	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	94,05	98,46	0,10	0,26	0,45	0,15	0,54	99,96	94,41	85,55	81,50
- 125 µm	5,95										
Appareil de débourbage Wemco											
-600 + 125 µm	90,95	98,63	0,076	0,08	0,30	0,09	0,44	99,62	91,46	62,82	24,27
- 125 µm	3,10										
Concentrés obtenus par flottation											
Essais 4	83,77	99,61	0,048	0,06	0,05	0,028	0,18	99,98	85,08	36,55	16,77
5	90,04	99,39	0,053	0,06	0,08	0,042	0,16	99,79	91,24	43,36	18,00
6	79,55	99,25	0,042	0,06	0,02	0,020	0,19	99,58	80,50	30,36	15,90
10	90,63	99,21	0,049	0,06	0,07	0,045	0,15	99,58	91,67	40,37	18,13
Produit non magnétique											
Essai 35	86,36	---	0,048	---	---	---	---	---	---	37,68	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon B : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	97,94	0,18	0,40	0,34	0,13	0,44	99,43	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	94,36	98,31	0,15	0,37	0,27	0,10	0,36	99,56	94,72	78,61	87,28
- 125 µm	5,64										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	84,98	98,97	0,092	0,14	0,16	0,048	0,26	99,67	85,87	43,44	29,75
- 125 µm	9,38										
Concentrés de flottation											
Essais 26	83,78	99,50	0,051	0,10	0,02	0,02	0,12	99,81	85,12	23,72	20,95
27	81,78	99,59	0,053	0,08	0,01	0,01	0,15	99,89	83,16	23,61	16,35
28	70,83	99,60	0,036	0,06	0,01	0,01	0,33	100,05	72,03	14,17	10,63
Produit non magnétique											
Essai 36	80,86	-----	0,054	---	---	---	---	---	---	24,26	----

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon C : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	98,52	0,048	0,66	0,010	0,014	0,27	99,52	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	89,47	98,72	0,042	0,42	0,008	0,011	0,22	99,42	89,65	78,33	56,94
- 125 µm	10,53										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	72,93	99,17	0,021	0,18	0,006	0,009	0,14	99,53	73,41	31,88	19,89
- 125 µm	16,54										
Concentrés de flottation											
Essais 7	71,08	99,39	0,025	0,13	0,01	0,01	0,16	99,73	71,71	37,08	14,00
8	70,01	99,20	0,014	0,13	0,01	0,01	0,17	99,53	70,49	20,42	13,79
Produit non magnétique											
Essai 37	71,38	---	0,013	---	---	---	---	---	---	19,33	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon D : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	98,85	0,14	0,35	0,02	0,020	0,23	99,61	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	87,90	99,09	0,14	0,30	0,01	0,024	0,19	99,75	88,11	87.90	75,34
- 125 µm	12,10										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	78,95	99,40	0,11	0,09	0,01	0,01	0,10	99,72	79,39	62,03	20,31
- 125 µm	8,95										
Concentrés de flottation											
Essais 17	41,60	99,53	0,018	0,06	0,01	0,01	0,09	99,72	41,89	5,35	7,14
18	77,24	99,44	0,056	0,06	0,01	0,01	0,04	99,62	77,70	30,90	13,23
19	73,30	99,40	0,029	0,09	0,01	0,01	0,04	99,58	73,71	15,18	18,86
Produit non magnétique											
Essai 38	76,26	---	0,014	---	---	---	---	---	---	7,63	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon E : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	98,94	0,12	0,56	0,02	0,021	0,23	99,89	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	91,02	99,02	0,097	0,39	0,01	0,019	0,24	99,78	91,09	73,58	63,39
- 125 µm	8,98										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	78,19	99,15	0,076	0,18	0,01	0,010	0,11	99,54	78,36	49,52	25,13
- 125 µm	12,83										
Concentrés de flottation											
Essais 20	45,60	99,55	0,013	0,11	0,01	0,01	0,04	99,73	45,88	4,94	8,96
21	76,31	99,27	0,046	0,12	0,01	0,01	0,06	99,52	76,57	29,25	16,36
22	72,76	99,55	0,016	0,07	0,01	0,01	0,04	99,70	73,21	9,70	9,09
Produit non magnétique											
Essai 39	75,09	---	0,013	---	---	---	---	---	---	8,14	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon F : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	94,66	0,23	4,51	0,01	0,12	0,81	100,34	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	100,00	94,72	0,25	4,16	0,02	0,11	0,51	99,77	100,00	100,00	92,24
- 125 µm	-										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	70,90	98,37	0,062	0,92	0,007	0,023	0,38	99,76	73,63	19,11	14,46
- 125 µm	29,10										
Concentrés de flottation											
Essais 23	69,75	98,98	0,044	0,68	0,01	0,014	0,15	99,88	72,93	13,35	10,52
24	69,83	98,95	0,044	0,60	0,01	0,013	0,16	99,78	73,00	13,35	9,29
25	69,74	98,08	0,047	0,49	0,01	0,01	0,17	99,81	73,00	14,26	7,58
Produit non magnétique											
Essai 40	66,19	---	0,027	---	---	---	---	---	---	7,77	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon G : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	99,03	0,08	0,23	0,03	0,028	0,15	99,55	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	93,33	99,34	0,078	0,26	0,03	0,024	0,16	99,89	93,62	91,00	100,00
0 - 125 µm	6,67										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	91,49	99,38	0,059	0,07	0,02	0,012	0,12	99,66	91,81	67,50	27,83
- 125 µm	1,84										
Concentrés de flottation											
Essais 11	90,50	99,28	0,045	0,06	0,02	0,016	0,13	99,55	90,73	50,88	23,61
12	89,37	99,36	0,034	0,06	0,01	0,015	0,15	99,63	89,67	38,00	23,30
13	85,93	99,32	0,029	0,06	0,01	0,016	0,15	99,59	86,18	31,13	22,44
14	79,34	99,30	0,029	0,06	0,01	0,010	0,09	99,50	79,56	28,75	20,70
Produit non magnétique											
Essai 41	87,72	---	0,047	---	---	---	---	---	---	51,54	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon H : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	99,15	0,038	0,33	0,01	0,01	0,21	99,75	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	97,06	99,20	0,037	0,32	0,01	0,012	0,26	99,84	97,11	94,47	94,12
- 125 µm	2,94										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	89,08	99,56	0,029	0,10	0,01	0,01	0,15	99,86	89,45	67,90	27,00
- 125 µm	7,98										
Concentrés de flottation											
Essais 29	80,69	99,73	0,032	0,09	0,01	0,01	0,29	100,16	81,16	67,90	22,00
30	64,64	99,72	0,024	0,07	0,01	0,01	0,23	100,06	65,01	40,79	13,73
31	88,74	99,77	0,028	0,09	0,01	0,01	0,19	100,10	89,30	65,53	24,21
32	88,71	99,69	0,029	0,11	0,01	0,01	0,11	99,96	89,19	67,63	29,58
Produit non magnétique											
Essai 42	85,81	---	0,024	---	---	---	---	---	---	54,20	---

TABLEAU 5 (SUITE) - Échantillon I : Analyses chimiques, et répartition dans les produits de SiO_2, Fe_2O_3 et Al_2O_3

Produits	Pourcentage (%) pondéral (%)	Analyse (%)							Distribution (%)		
		SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	Pertes au feu	TOTAL	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
Échantillon reçu	100,00	99,54	0,038	0,16	0,01	0,027	0,18	99,96	100,00	100,00	100,00
Tamis Sweco											
-600 + 125 µm	96,09	99,60	0,039	0,10	0,01	0,030	0,15	99,93	96,15	98,68	60,06
- 125 µm	3,91										
Débourbage avec appareil Wemco											
-600 + 125 µm	84,90	99,52	0,030	0,08	0,01	0,014	0,19	99,84	84,88	67,11	42,44
- 125 µm	11,19										
Concentrés de flottation											
Essais 33	79,17	99,80	0,022	0,06	0,01	0,01	0,10	100,00	79,38	45,79	29,69
34	78,62	99,81	0,033	0,06	0,01	0,01	0,16	100,08	78,83	68,42	29,50
Produit non magnétique											
Essai 43	81,76	---	0,014	---	---	---	---	---	---	30,12	---

TABLEAU 6 - Concentrations de réactif employé pour la flottation

Echantillons	Essai n°	Produit flottant, oxydes de fer				Produit flottant, aluminosilicates			
		pH	% (en poids) du produit flottant	Aéro 840** g/t	Dow 250** g/t	pH	% (en poids) du produit flottant	Duo TDO** g/t	Dow 250 g/t
A	4	4,0-4,5	7,54	130	60	2,04-2,20	0,34	130	60
	5	3,5-4,0	0,89	80	60	2,06-2,33	0,11	80	60
	6	3,5-4,0	10,95	180	60	2,00-2,27	1,58	180	60
	10					2,00-2,18	0,35	130	48
B	26	3,5-4,0	1,19	80	50	1,86-2,00	0,22	80	50
	27	3,5-4,0	2,93	130	50	1,99-2,23	0,83	130	50
	28	3,5-4,0	13,45	180	50	2,00-2,28	3,20	180	50
C	7	3,5-4,0	1,42	80	60	1,85-2,20	0,01	80	60
	8	3,5-4,0	3,94	130	50	1,99-2,23	0,07	130	50
D	17	3,5-4,0	46,39	80	72	1,95-2,14	0,91	80	72
	18					2,00-2,21	2,16	80	72
	19					1,97-2,23	7,15	130	73
E	20	3,5-4,0	40,96	80	70	2,03-2,27	0,71	80	70
	21					1,98-2,13	2,41	80	70
	22					2,01-2,27	6,94	130	70
F	23	3,5-4,0	1,19	80	70	1,98-2,23	0,44	80	70
	24	3,5-4,0	0,99	130	50	2,00-2,27	0,52	130	50
	25*	3,5-4,0	0,46	130	40	2,03-2,22	1,17	130	50
G	11	3,5-4,0	0,99	80	36	1,94-2,16	0,09	80	47
	12	3,5-4,0	2,14	130	47	2,00	0,17	130	71
	13	3,5-4,0	5,07	180	71	2,00	1,00	180	71
	14	3,5-4,0	9,77	250	71	2,00	3,51	250	71

*Soumis au deschlammage, avant la flottation des oxydes de fer
**Noms de commerce abrégés des produits chimiques: Aerofloat 840, Dowfroth 250 et Duomeen TDO respectivement.

TABLEAU 6 - Concentrations de réactif employé pour la flottation

Échantillons	Essai n°	Produit flottant, oxydes de fer				Produit flottant, aluminosilicates			
		pH	% (en poids) du produit flottant	Aéro 840** g/t	Dow 250** g/t	pH	% (en poids) du produit flottant	Duo TDO** g/t	Dow 250 g/t
H	29	3,5-4,0	9,34	80	50	2,02-2,30	0,08	80	50
	30	3,5-4,0	26.74	120	50	1,99-2,24	0,70	120	50
	31					1,99-2,26	0,38	80	50
	32					1,98-2,26	0,42	130	50
I	33	3,5-4,0	6,24	80	50	2,00-2,27	0,50	80	50
	34	3,5-4,0	5,64	50	50	1,99-2,28	1,76	120	50

TABLEAU 7 - Bilan des produits lors des meilleurs essais sélectionnés

Échantillon	Essai	Produits flottants	Pourcentage (%) pondéral	Analyses (%)		Distribution relative (%)	
				Fe_2O_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3
A	4	- Produit de flottation, oxydes de fer	6,86	0,23	0,42	24,96	34,66
		Produit de flottation, aluminosilicates	0,31	2,36	1,30	11,53	4,81
		- concentrés de quartz	83,77	0,048	0,06	63,51	60,53
		Produit de charge, quantité calculée	90,95	0,070	0.09	100,00	100,00
B	28	- Produit de flottation, oxydes de fer	11,43	0,27	0,21	47,69	29,56
		produit de flottation, aluminosilicates	2,72	0,31	0,54	12,96	18,10
		- concentrés de quartz	70,83	0,036	0,06	39,35	52,34
		- Produit de charge, quantité calculée	84,98	0,076	0,10	100,00	100,00
C	8	- Produit de flottation, oxydes de fer	2,87	0,18	1,40	33,33	29,73
		Produit de flottation, aluminosilicates	0,05	1,27	7,90	3,85	2,96
		- concentrés de quartz	70,01	0,014	0,13	62,82	67,31
		Produit de charge, quantité calculée	72,93	0,021	0,19	100,00	100,00
D	19	- Produit de flottation, aluminosilicates	5,65	1,21	1,20	76,25	50,67
		- concentrés de quartz	73,30	0,029	0,09	23,75	49,33
		- Produit de charge, quantité calculée	78,95	0,11	0,17	100,00	100,00

TABLEAU 7 - Bilan des produits lors des meilleurs essais sélectionnés (suite)

Échantillon	Essai	Produits flottants	Pourcentage (%) pondéral	Analyses (%)		Distribution relative (%)	
				Fe_2O_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3
E	22	- Produit de flottation, aluminosilicates	5,43	0,77	2,10	78,36	69,13
		- concentrés de quartz	72,76	0,016	0,07	21,64	30,87
		- Produit de charge, quantité calculée	78,19	0,068	0,21	100,00	100,00
F	25	- Boues	0,78	0,40	4,35	6,54	5,82
		- Produit de flottation, oxydes de fer	0,33	1,04	14,39	7,17	8,15
		Produit de flottation, aluminosilicates	0,83	1,02	19,67	17,93	28,03
		- concentrés de quartz	68,96	0,047	0,49	68,36	58,00
		- Produit de charge, quantité calculée	70,90	0,067	0,82	100,00	100,00
G	13	- Produit de flottation, oxydes de fer	4,64	0,38	0,094	36,00	7,26
		Produit de flottation, aluminosilicates	0,92	0,69	0,50	13,08	7,59
		- concentrés de quartz	85,93	0,029	0,06	50,92	85,15
		- Produit de charge, quantité calculée	91,49	0,057	0,06	100,00	100,00
H	31	- Produit de flottation, aluminosilicates	0,34	0,98	0,94	11,70	3,85
		- concentrés de quartz	88,74	0,028	0,09	88,30	96,15
		- Produit de charge, quantité calculée	89,08	0,03	0,09	100,00	100,00

TABLEAU 7 - Bilan des produits lors des meilleurs essais sélectionnés (suite)

Échantillon	Essai	Produits flottants	Pourcentage (%) pondéral	Analyses (%)		Distribution relative (%)	
				Fe_2O_3	Al_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3
I	33	- Produit de flottation, oxydes de fer aluminosilicates	5,30	0,20	0,30	35,81	22,70
			0,43	0,38	0,50	5,41	9,48
		- concentrés de quartz	79,17	0,022	0,06	58,78	67,82
		- Produit de charge, quantité calculée	84,90	0,035	0,08	100,00	100,00

TABLEAU 8 - Essais de séparation magnétique avec l'appareil Sala

Échantillon	Essai	Produits	Pourcentage (%) pondéral	Analyses (%) Fe_2O_3	Distribution %
A	35	Produits magnétiques	4,59	0,48	34,65
		Produits non magnétiques	86,36	0,048	65,35
		Produit de charge, quantité calculée	90,95	0,070	100,00
B	36	Produits magnétiques	4,12	0,61	36,54
		Produits non magnétiques	80,86	0,054	63,46
		Produit de charge, quantité calculée	84,98	0,081	100,00
C	37	Produits magnétiques	1,55	0,88	34,65
		Produits non magnétiques	71,38	0,013	65,35
		Produit de charge, quantité calculée	72,93	0,031	100,00
D	38	Produits magnétiques	2,69	2,57	86,65
		Produits non magnétiques	76,26	0,014	13,35
		Produit de charge, quantité calculée	78,95	0,10	100,00
E	39	Produits magnétiques	3,10	1,26	79,96
		Produits non magnétiques	75,09	0,013	20,04
		Produit de charge, quantité calculée	78,19	0,063	100,00

TABLEAU 8 - Essais de séparation magnétique avec l'appareil Sala (suite)

Échantillon	Essai	Produits	Pourcentage (%) pondéral	Analyses (%) Fe_2O_3	Distribution %
F	40	Produits magnétiques	4,72	0,60	61,29
		Produits non magnétiques	66,19	0,027	38,71
		Produit de charge, quantité calculée	70,90	0,065	100,00
G	41	Produits magnétiques	3,77	0,33	23,17
		Produits non magnétiques	87,72	0,047	76,83
		Produit de charge, quantité calculée	91,49	0,059	100,00
H	42	Produits magnétiques	3,27	0,45	41,64
		Produits non magnétiques	85,81	0,024	58,36
		Produit de charge, quantité calculée	89,08	0,040	100,00
I	43	Produits magnétiques	3,14	0,44	54,70
		Produits non magnétiques	81,76	0,014	45,30
		Produit de charge, quantité calculée	84,90	0,030	100,00

TABLEAU 9 - Propriétés des mélanges de sable, d'argile et d'eau, en tant que sables de moulage

	Silice d'Ottawa	Échantillon B	Échantillon F	Échantillon H	Échantillon I
Numéro AFS	60	64	62	70	78
Sable, kg*	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Argile, g (%)	(6,5)	590(6,5)	590(6,5)	590(6,5)	590(6,5)
Liant organique, g (%)	(1,5)	91(1)	91(1)	91(1)	91(1)
Contenu en eau, w/o**	3,3	3,5	3,4	3,5	3,4
Perméabilité à l'air**	180-225	152	212	132	104
Indice de la capacité de moulage**	70-76	89	97	88	93
Résistance à la compression du produit "vert", kPa**	58,6-68,9	41,4	51,0	44,8	42,8
Résistance au cisaillement du produit "vert", kPa**	1,0-1,4	1,0	0,9	1,0	0,9
Résistance à la tension du produit "vert", kPa**	5,6-8,6	5,3	6,2	6,1	4,5
Résistance à la compression du produit sec, kPa**	358-565	386	290	483	283
Poids du produit tassé, 2" x 2" h, g	----	150	150	150	145
Dureté du moule	----	80	82	80	85
Moulage No	----	2	3	1	4

*Deux mélanges préparés
**Moyenne arithmétique

TABLEAU 10 - Concentrations du collecteur* employé pour obtenir des résultats optimaux

Échantillon	Essai	Flottation des oxydes de fer	Flottation des aluminosilicates
A	4	130	130
B	28	180	180
C	8	130	130
D	19	-	130
E	22	-	130
F	25	130	130
G	13	180	180
H	31	-	80
I	33	80	80

* Indiqué en g/t

POOR

QUALITY

ORIGINAL